

特開平4-325886

(43) 公開日 平成4年(1992)11月16日

(51) Int.Cl. <sup>a</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 2 P 5/00	F	9063-5H		
G 0 5 B 13/02	A	9131-3H		
G 0 5 D 13/62	E	7623-3H		
H 0 2 P 5/00	P	9063-5H		
	X	9063-5H		

審査請求 未請求 請求項の数 2 (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願平3-95126

(22) 出願日 平成3年(1991)4月25日

(71) 出願人 000006013

三菱電機株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号

(72) 発明者 岩崎 隆至

兵庫県尼崎市塚口本町8丁目1番1号 三

菱電機株式会社産業システム研究所内

(74) 代理人 弁理士 高田 守 (外1名)

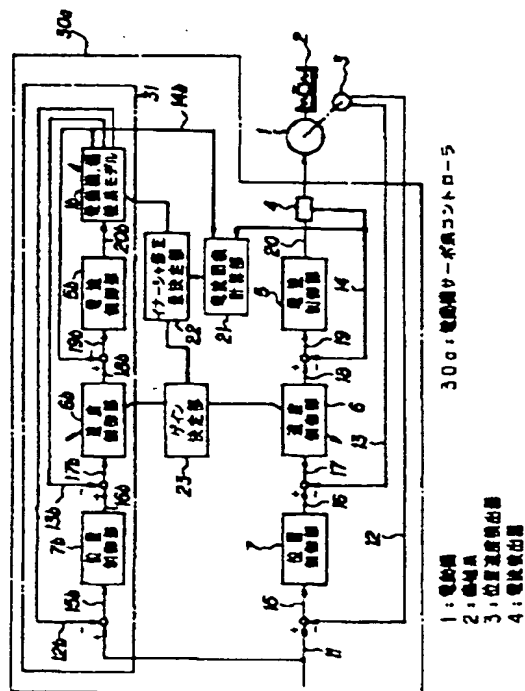
(54) 【発明の名称】 電動機サーボ系の制御装置

## (57) 【要約】

【目的】 電動機と機械系を含めたイナーシャの大きさ又はこれと機械系の振動の大きさに適したゲインを自動的に設定できる電動機サーボ系の制御装置を得る。

【構成】 電動機電流の時間積分値に基づいて負荷イナーシャの大きさを同定し、この同定値に基づいてフィードバック制御ループのゲインを決定する。又、機械振動の大きさを検出し、この大きさに応じて上記ゲインを修正する。

【効果】 制御対象のフィードバック制御ループのゲインをイナーシャの大きさ又はこれと機械振動の大きさに応じて自動的に設定することができる。



1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 電動機と電動機に取付けられた機械系からなる制御対象をフィードバック制御する電動機サーボ系の制御装置において、電動機に流れる電流を検出する電流検出手段と、この電流検出値を時間積分する時間積分手段と、この時間積分値に基づいて制御対象の負荷イナーシャの大きさを同定する同定手段と、この同定値に基づいてフィードバック制御ループ内のゲインを調整するゲイン調整手段を備えたことを特徴とする電動機サーボ系の制御装置。

【請求項2】 電動機と電動機に取付けられた機械系からなる制御対象をフィードバック制御する電動機サーボ系の制御装置において、電動機に流れる電流を検出する電流検出手段と、この電流検出値を時間積分する時間積分手段と、この時間積分値に基づいて制御対象の負荷イナーシャの大きさを同定する同定手段と、この同定値に基づいてフィードバック制御ループのゲインを決定するゲイン決定手段と、制御対象を動作させた場合の機械振動の大きさを検出し、この大きさが許容範囲か否かを判定する機械振動判定部と、機械振動判定部での判定結果に応じて上記ゲインを修正するゲイン修正手段を備えたことを特徴とする電動機サーボ系の制御装置。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 この発明は、機械系を駆動する電動機サーボ系の制御装置に関し、特に制御ゲインを自動的に設定するオートチューニング機能を持つ制御装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 図6は例えば「アナログサーボからデジタルサーボへ」（岩金：日本ロボット学会誌、7巻3号、212～217ページ、1989年6月）に記載された電動機サーボ系制御装置の一例を示すブロック図であり、図において1は電動機、2は電動機1に取付けられた機械系であり、電動機1と機械系2を合せたものが制御対象である。3は制御対象1、2の位置と速度を測定する位置速度検出器、4は電動機1に流れる電流を測定する電流検出器、5は電流制御部、6は速度制御部、7は位置制御部、11は位置指令値、12は位置検出値、13は速度検出値、14は電流検出値、15は位置誤差、16は速度指令値、17は速度誤差、18は電流指令値、19は電流誤差、20は電動機1に流れる電流、30dは電動機サーボ系コントローラである。

【0003】 次に、動作について説明する。電動機サーボ系コントローラ30dは例えば工作機械やロボットなどに対して軌跡制御を行なうためのものであり、望ましい軌跡指令値から位置指令値11を生成し、制御対象1、2を位置指令値11に応じて動作させるためのものである。即ち、検出器3によって得られた位置検出値12と位置指令値11との差を計算して位置誤差15を求

2

め、位置制御部7において適切な演算を行なって速度指令値16を決定する。

【0004】 次に、検出器3によって得られた速度検出値13と速度指令値16との差を計算して速度誤差17を求め、速度制御部6において適切な演算を行なって電流指令値18を決定する。さらに、電流検出器4によって得られた電流検出値14と電流指令値18との差を計算して電流誤差19を求め、電流制御部5において適切な演算を行なって電動機電流20を決定する。

10 【0005】 上記した従来装置では、位置制御部7、速度制御部6及び電流制御部5においてそれぞれP（比例）演算、P I（比例・積分）演算及びP I演算を行っており、電動機サーボ系コントローラ30dを以上のように構成し、各制御部5～7の各演算において制御対象1、2に応じた適切なゲインを用いることにより、良好な軌跡制御を実現することができる。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】 従来の電動機サーボ系の制御装置は以上のように構成されており、機械系2を初めて取付けた場合や、経年変化により機械系2の特性が変化した場合には、機械系2の大きさや振動の状態に応じて調整員がゲインを設定し直さなければならないという課題があった。

20 【0007】 この発明は上記のような課題を解決するために成されたものであり、電動機と機械系を含めたイナーシャの大きさ又はこれと機械系の振動の大きさに適したゲインを自動的に設定できる電動機サーボ系の制御装置を得ることを目的とする。

【0008】

30 【課題を解決するための手段】 この発明に係る電動機サーボ系の制御装置は、電動機に流れる電流の時間積分値に応じて電動機とその機械系からなる制御対象の負荷イナーシャの大きさを同定する同定手段と、この同定値に基づいて制御対象のフィードバック制御ループ内のゲインを調整するゲイン調整手段を設けたものである。

40 【0009】 又、この発明に係る電動機サーボ系の制御装置は、電動機に流れる電流の時間積分値に応じて制御対象の負荷イナーシャの大きさを同定する同定手段と、この同定値に基づいてフィードバック制御ループのゲインを決定するゲイン決定手段と、制御対象を動作させた場合の機械振動の大きさを検出し、この大きさが許容範囲か否かを判定する機械振動判定部と、この判定結果に応じて上記ゲインを修正するゲイン修正手段を設けたものである。

【0010】

【作用】 この発明においては、イナーシャの大きさを直接反映する電動機電流の時間積分値に基づいて負荷イナーシャの大きさを同定し、この同定値に基づいてフィードバック制御ループのゲインを調整する。

50 【0011】 又、この発明においては、機械振動の大き

さを検出し、この機械振動の大きさが許容範囲内になるゲイン限界値を求め、イナーシャ固定値に基づいて決定された上記ゲインがゲイン限界値より大きい場合にはゲイン限界値を適切なゲインとする。

【0012】

【実施例】以下、この発明の実施例を図面とともに説明する。図1は第1の実施例による電動機サーボ系の制御装置の構成を示し、30aはオートチューニング機能付き電動機サーボ系コントローラ、31はサーボ系のシミュレーション部であり、シミュレーション部31は以下のように構成されている。即ち、1bはシミュレーションにおける電動機・機械系モデル、5bはシミュレーションにおける電流制御部、6bはシミュレーションにおける速度制御部、7bはシミュレーションにおける位置制御部、12bはシミュレーションにおける位置検出値、13bはシミュレーションにおける速度検出値、14bはシミュレーションにおける電流検出値、15bはシミュレーションにおける位置誤差、16bはシミュレーションにおける速度指令値、17bはシミュレーションにおける速度誤差、18bはシミュレーションにおける電流指令値、19bはシミュレーションにおける電流誤差、20bはシミュレーションにおける電動機電流である。

【0013】又、21は実際の電流検出値14及びシミュレーションにおける電流検出値14bからそれぞれの電流面積を計算し比較する電流面積計算部、22は電流面積計算部21の計算結果をもとにして電動機・機械系モデル1bのイナーシャ仮定値の修正量を決定するイナーシャ修正量決定部、23は修正されたイナーシャ仮定値に対して最適な速度制御部6、6bのゲインを決めるゲイン決定部である。

【0014】次に、動作について説明する。実際のサーボ系1～7、11～20の動作は従来と同様である。ここで、電動機1、検出器3、4の特性が予めわかっており、機械系2の特性のみが不明であるとする、電流ループ内のパラメータはすべてわかることになり、電流制御部5のゲインはこれらのパラメータから予め決定できる。又、工作機械のように複数の電動機を同時に動作させる場合、位置ループの応答周波数は一致させる必要があるため、位置制御部7のゲインは予め決定された値を用いることとする。従って、この実施例では速度制御部6の比例ゲイン及び積分ゲインの自動調整のみを行なう。ただし、位置制御部7のゲインについての速度ループ応答周波数に応じた自動設定は、この実施例の簡単な拡張により実現できる。

【0015】一方、サーボ系のシミュレーション部31について、その電流制御部5b、速度制御部6b及び位置制御部7bは、それぞれ実際のサーボ系における電流制御部5、速度制御部6及び位置制御部7と同じものである。電動機・機械系モデル1bは制御対象1、2及び

検出器3、4をモデル化したものであり、このモデルにおいて機械系2は機械振動などを考慮せずに単純なイナーシャと仮定している。前述したように電動機1及び検出器3、4の特性パラメータは明らかでないため、電動機・機械系モデル1bにおいては電動機1と機械系2を含めたイナーシャの大きさのみが未知パラメータとなり、このイナーシャの仮定値をJとする。

【0016】この実施例においては、実際のサーボ系とそのシミュレーション部31に同じ位置指令値11を加えた場合の電流検出値14、14bを比較し、比較結果に応じてイナーシャ仮定値Jを修正してゆき、最終的にイナーシャの固定値とそれに最適な速度ループゲインを求めるものである。

【0017】オートチューニング中の電流信号の例を図2に示す。図2において、(a)は1回目、(b)は2回目、(c)は3回目の電流信号を示し、41a～41cは実際のサーボ系の電流信号14の時系列データ、42a～42cはサーボ系シミュレーション部31の電流信号14bの時系列データであり、図2に基づいてチューニングの様子を以下に説明する。

【0018】まず、イナーシャ仮定値Jの初期値を決定する。図2(a)はイナーシャ仮定値Jの初期値のもとで実際のサーボ系とそのシミュレーション部31に同じ位置指令値11を加えた場合の電流検出値データである。電流面積計算部21では、実際のサーボ系の電流検出値14の時系列データ41aとシミュレーション部31の電流検出値14bの時系列データ42aから、1山目の電流の時間積分値を計算する。この値は図2(a)の斜線部の面積に相当する。イナーシャ修正量決定部22では、電流面積計算部21で求めた2つの面積を比較し、その結果をもとに電動機・機械系モデル1bのイナーシャ仮定値Jを修正する。修正量はファジイ推論を用いて決定する。ゲイン決定部23では、修正したイナーシャ仮定値Jに対して、速度制御部6、6bの最適なゲインを決定する。イナーシャ仮定値Jに対する最適なゲインの決定は、制御対象1、2及び制御系の他の特性が明らかであるので可能である。

【0019】図2(a)のデータを基にして修正されたイナーシャ仮定値Jのもとにおいて、再び実際のサーボ系とシミュレーション部31に同じ位置指令値11を加えた場合の電流検出値データが図2(b)のデータである。この図2(b)のデータをもとにして再び電流面積計算部21で2つの面積を求めると、その面積の差は図2(a)の場合の面積の差より小さくなっている。これは、イナーシャ仮定値Jが修正により実際のイナーシャ値に近づいたためである。イナーシャ修正量決定部22では電流面積計算部21で求めた面積に基づいてイナーシャ仮定値Jを修正し、ゲイン決定部23により修正したイナーシャ仮定値Jに対して速度制御部6、6bの最適なゲインを決定する。

5

【0020】図2(b)のデータをもとに修正されたイナーシャ仮定値Jと速度制御部6、6bのゲインにおいて、再び実際のサーボ系とシミュレーション部31に同じ位置指令値11を加えた場合の電流検出値データを図2(c)に示す。この図2(c)のデータを基にして電流面積計算部21で2つの面積を求めると、2つの面積の差がほとんどないため、イナーシャ仮定値Jが実際のイナーシャ値とほぼ一致したと判断し、チューニングを終了する。図2(c)のデータで使った速度制御部6、6bのゲインは実際のイナーシャ値に最適なゲインであり、イナーシャの同定とチューニングが同時に終了している。

【0021】この実施例によると、ゲインのチューニングの結果として制御対象1、2のイナーシャ値も得られるため、このイナーシャ値を他のパラメータ、例えば位置指令値11の加速度の制限などにも利用することができる。又、シミュレーションによるデータと実際のデータを比較しているため、様々な位置指令値11のパターンに対応でき、汎用的なオートチューニング機能付きコントローラが得られる。

【0022】なお、上記実施例においては、電流面積計算部21では電流検出値14、14bを用いたが、機械振動などの高周波ノイズを取り除くために電流検出値14、14bをローパスフィルタに通した信号や、電流ループの応答が十分速いと仮定して電流指令値18、18bを用いてもよい。又、電流面積計算部21において求める電流面積としては、1山目の時間積分値としたが、複数の山の電流値の絶対値の時間積分や電流値の二乗値の時間積分などのように、実際のサーボ系とシミュレーションによるサーボ系の差が現れる値であればよい。さらに、イナーシャ修正量決定部22ではファジイ推論により電流面積の差からイナーシャ仮定値Jの修正量を求めたが、これらの要素を関係付ける方法であればどのような方法でもよい。

【0023】図3はこの発明の第2の実施例を示し、30bは機械振動を考慮したオートチューニング機能付き電動機サーボ系コントローラ、24は同定・設計部、25は機械振動判定部、26はゲイン決定部、51は同定・設計部24により求められたゲイン候補値、52は機械振動判定部25により求められた機械振動によるゲイン制限値、53はゲイン決定部26により決められたゲイン、54は振動限界値である。他の部分は前述と同様である。

【0024】次に、動作について説明する。同定・設計部24は電流面積計算部21、イナーシャ修正量決定部22、ゲイン決定部23及びサーボ系シミュレーション部31を含み、あるパターンの位置指令値11に対する電流データよりイナーシャ仮定値を修正しながらその仮定値に最適なゲイン候補値51を決定する。一方、機械振動判定部25では、まず上記と同じ位置指令値11に

6

対する電流データをハイパスフィルタに通し、その2乗値を時間積分することによって振動評価値を求め、予め設定された振動限界値54と比較する。又、機械振動判定部25には、同じ位置指令値11に対して過去に試行した速度ループ比例ゲインのうち、振動評価値が振動限界値54以下であった最大の速度ループ比例ゲイン $K_{v01}$ と、振動評価値が振動限界値54より大きかった最小の速度ループ比例ゲイン $K_{v02}$ とが記憶されている。

【0025】そこで、今回の試行による速度ループ比例ゲインと振動評価値とにより、必要があれば $K_{v01}$ と $K_{v02}$ を修正する。即ち、(今回の振動評価値>振動限界値)かつ(今回の速度ループ比例ゲイン< $K_{v02}$ )ならば $K_{v01}$ =今回の速度ループ比例ゲイン(今回の振動評価値<振動限界値)かつ(今回の速度ループ比例ゲイン> $K_{v01}$ )ならば $K_{v02}$ =今回の速度ループ比例ゲインとなる。機械振動判定部25の出力であるゲイン制限値52は次式で決定する。

【数1】

$$\text{ゲイン制限値} = \sqrt{K_{v01} \times K_{v02}}$$

【0026】又、ゲイン決定部26では、同定・設計部24で得たゲイン候補値51の比例ゲインと機械振動判定部25で得たゲイン制限値52を比較し、ゲイン制限値52の方が大きければ、ゲイン候補値51を速度制御部6で用いるゲイン53とする。一方、ゲイン制限値52の方が小さければ、速度制御部6で用いるゲイン53の比例ゲインをゲイン制限値52とし、積分ゲインは比例ゲインに適した値とする。

【0027】以上の手順を図4のフローチャートにより説明する。まず、ステップS1では、イナーシャ仮定値Jの初期値を決定する。次に、ステップS2では振動限界値54を決め、ステップS3では制御対象1、2を動作させる。その後、ステップS4では同定・設計部24においてイナーシャ仮定値Jの修正とゲイン候補値51の決定を行なう。ステップS5では、機械振動判定部25において機械振動評価値を計算し、ステップS6でゲイン制御値52を求める。

【0028】ステップS7では、ゲイン候補値51及びゲイン制限値52から速度制御部6で用いるゲイン53を決定し、ステップS8ではゲイン53を用いて制御対象1、2を動作させる。ステップS9では、新しいゲインによる動作のデータから、イナーシャの同定が終了していること、及び振動制限によるゲイン制限結果が終了条件を満足していることを確認し、チューニングを終了する。もし終了条件を満足していなければ、ステップS8での動作データを基にしてステップS4～S8を繰り返す。

【0029】なお、同定・設計部24は図1の構成と同じ構成とするとしたが、同様の機能が得られるものであれば他の構成でもよい。又、機械振動判定部25においては機械振動の評価値を電流データから求めたが、例え

ば機械系2に取り付けた加速度計からの信号や、速度検出器からの信号などの機械振動の大きさを測定できるデータを基にした値から振動評価値を求めてもよい。さらに、この第2の実施例はノッチフィルタなどの機械振動の抑制装置とも容易に組み合わせることができる。

【0030】図5はこの発明の第3の実施例を示し、30cは振動限界値の変更が可能なオートチューニング機能付き電動機サーボ系のコントローラ、61はコントローラ30cに設けられ、機械振動が大き過ぎる場合に押すボタン、62は同じく機械振動が十分小さく余裕がある場合に押すボタンである。

【0031】次に、動作について説明する。図3に示したコントローラ30bの場合には、予め設定された振動限界値54に応じて適切なゲインチューニングが行なわれるが、機械振動に対する許容範囲は工作機械やロボットに要求される精度等の条件によって異なる。そこで、この実施例によるコントローラ30cは、振動限界値54を変更できるようにしたものである。

【0032】機械振動が大きすぎる場合に押すボタン61は、ある振動限界値54によるチューニング終了後の制御対象1、2の動作において、作業者が振動が大きすぎると判断した場合に押すボタンであり、このボタン61を押すことにより振動限界値54が70%減少する。ボタン61を押した後再びオートチューニングを行なうことにより、より機械振動が少ないゲインが得られる。機械振動が十分小さく余裕がある場合に押すボタン62は、機械振動が十分小さい場合に押すボタンであり、振動限界値54を130%に増加させる働きがある。

【0033】なお、上記した第3の実施例においては、ボタン61、62を押すことにより変更する振動限界値54の割合を±30%としたが、仕様によっては異なる値にしてもよいし、増減量を数値で入力できるようにしてもよい。又、現状の振動評価値をコントローラ30c上に表示し、これを参考にして振動限界値54を数値として入力できるような構成としても同様な効果が得られる。

【0034】

【発明の効果】以上のようにこの発明によれば、電動機

電流の時間積分値に基づいて負荷イナーシャの大きさを同定し、この同定値によりフィードバック制御ループのゲインを調整しており、最適なゲインに自動的に調整することができ、調整員の作業を軽減でき、最適な動作を容易に実現できる電動機サーボ系の制御装置が得られる。又、この発明によれば、上記のようにして得られたゲインを機械振動の大きさに応じて修正するようにしており、上記効果に加えて機械振動が生じる場合にも対応できる電動機サーボ系の制御装置が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明装置の第1の実施例による構成図である。

【図2】この発明装置の第1の実施例によるゲイン調整動作中の電流信号波形図である。

【図3】この発明装置の第2の実施例による構成図である。

【図4】この発明装置の第2の実施例による動作を示すフローチャートである。

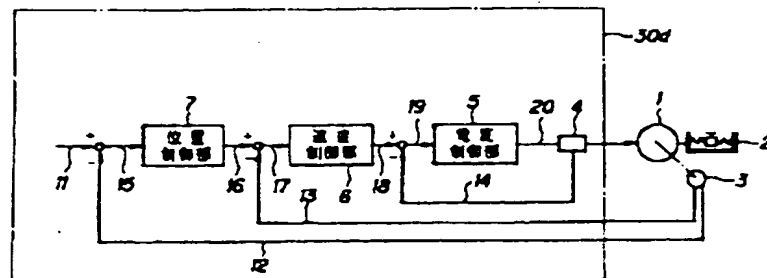
【図5】この発明装置の第3の実施例による外観図である。(A)は斜視図であり、(B)はその拡大図である。

【図6】従来装置の構成図である。

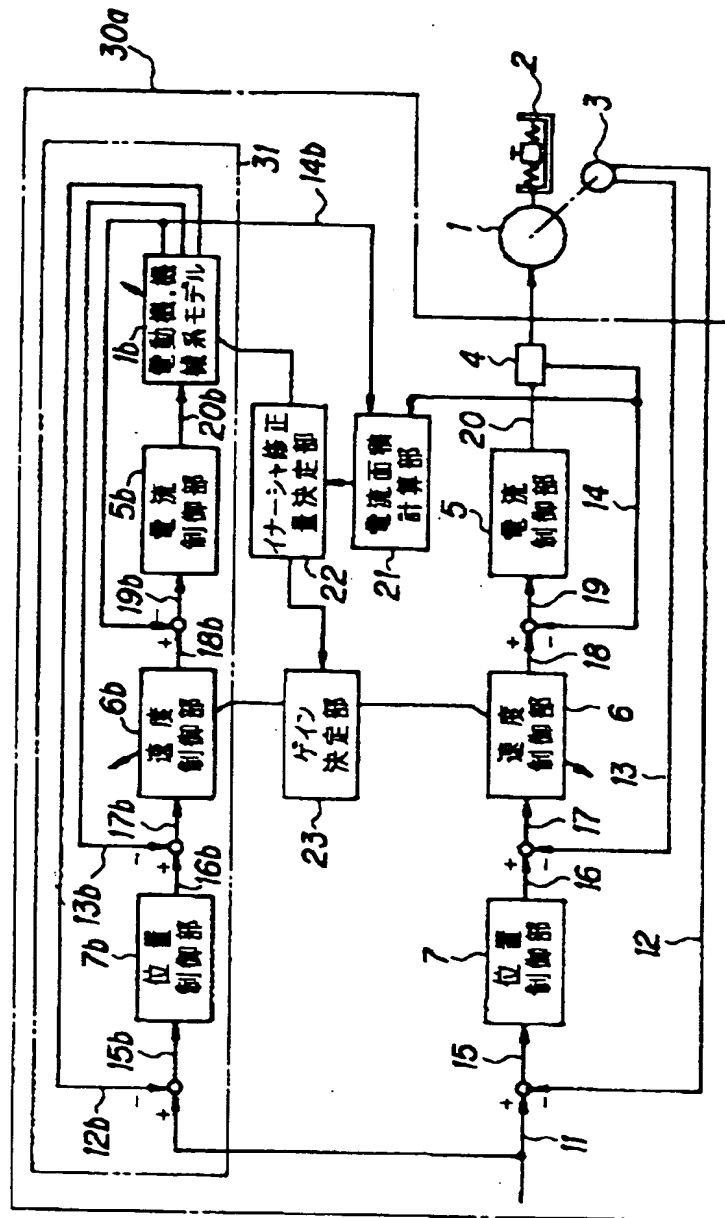
【符号の説明】

- 1 電動機
- 1b 電動機・機械系モデル
- 2 機械系
- 3 位置速度検出器
- 4 電流検出器
- 5, 5b 電流制御部
- 6, 6b 速度制御部
- 7, 7b 位置制御部
- 21 電流面積計算部
- 22 イナーシャ修正量決定部
- 23, 26 ゲイン決定部
- 24 同定・設計部
- 25 機械振動判定部
- 30a~30c 電動機サーボ系コントローラ

【図6】



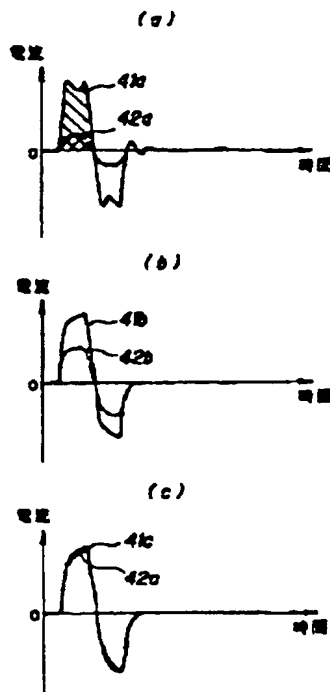
【図1】



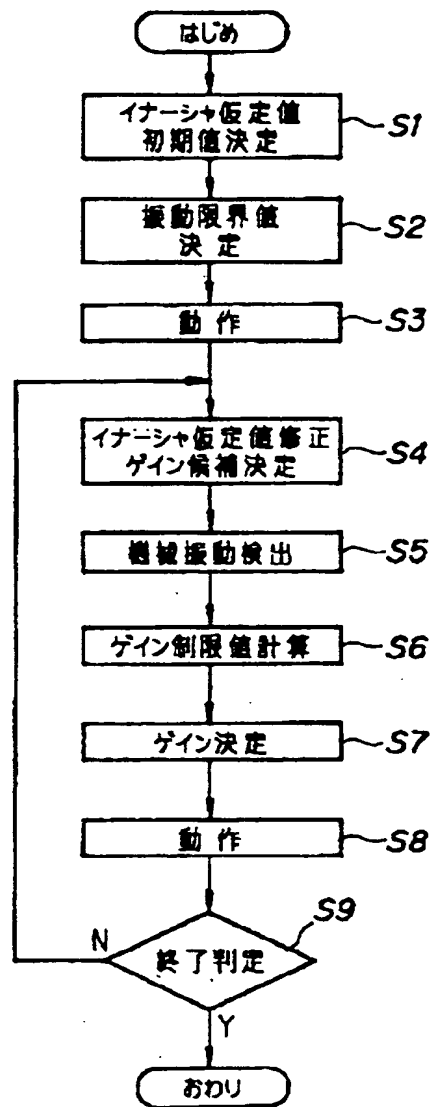
30a: 電動機サーボ系コントローラ

- 1: 電動機
- 2: 機械系
- 3: 位置速度検出器
- 4: 電流検出器

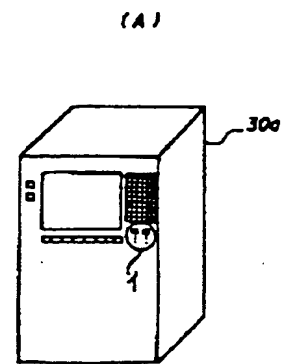
【図2】



【図4】

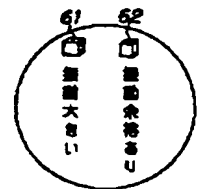


【図5】

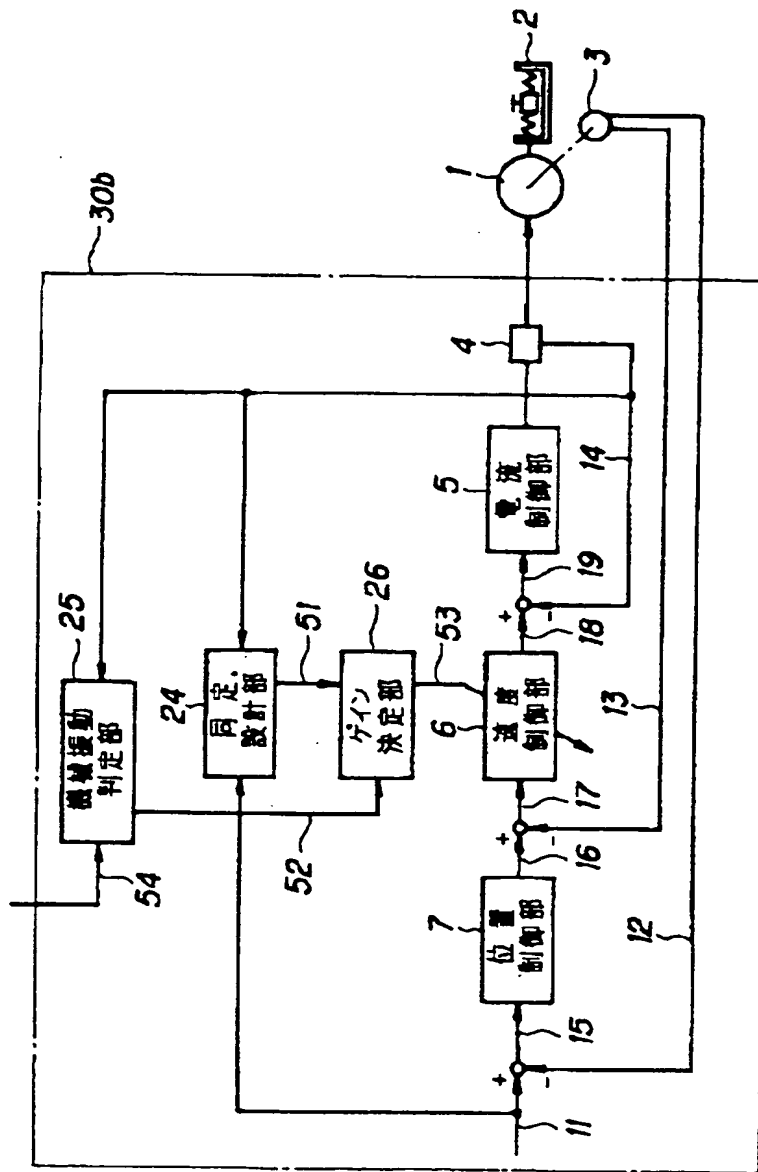


300: 電機機サーボ系コントローラ

(B)



【図3】



30b: 電動機サーボ系コントローラ

## 【手続補正書】

【提出日】平成4年4月3日

## 【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】特許請求の範囲

【補正方法】変更

【補正内容】

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 電動機と電動機に取付けられた機械系からなる制御対象をフィードバック制御する電動機サーボ系の制御装置において、電動機に流れる電流を検出する

電流検出手段と、この電流検出値を時間積分する時間積分手段と、この時間積分値に基づいて制御対象の負荷イナーシャの大きさを同定する同定手段と、この同定値に基づいてフィードバック制御ループ内のゲインを調整するゲイン調整手段を備えたことを特徴とする電動機サーボ系の制御装置。

【請求項2】 電動機と電動機に取付けられた機械系からなる制御対象をフィードバック制御する電動機サーボ系の制御装置において、電動機に流れる電流を検出する電流検出手段と、この電流検出値を時間積分する時間積



分手段と、この時間積分値に基づいて制御対象の負荷イナーシャの大きさを同定する同定手段と、この同定値に基づいてフィードバック制御ループのゲインを決定するゲイン決定手段と、制御対象を動作させた場合の機械振動の大きさを検出し、この大きさが許容範囲か否かを判定する機械振動判定部と、機械振動判定部での判定結果に応じて上記ゲインを修正するゲイン修正手段を備えたことを特徴とする電動機サーボ系の制御装置。

【請求項3】 機械振動の大きさを許容範囲を手動により変更する手段を備えたことを特徴とする請求項2記載の電動機サーボ系の制御装置。

【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0006

【補正方法】変更

【補正内容】

【0006】

【発明が解決しようとする課題】従来の電動機サーボ系の制御装置は以上のように構成されており、機械系2を初めて取付けた場合や、経年変化により機械系2の特性が変化した場合には、機械系2の大きさや振動の状態に応じて調整員がゲインを設定し直さなければならないという課題があった。

【手続補正3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0009

【補正方法】変更

【補正内容】

【0009】又、この発明に係る電動機サーボ系の制御装置は、電動機に流れる電流の時間積分値に応じて制御対象の負荷イナーシャの大きさを同定する同定手段と、この同定値に基づいてフィードバック制御ループのゲインを決定するゲイン決定手段と、制御対象を動作させた場合の機械振動の大きさを検出し、この大きさが許容範囲か否かを判定する機械振動判定部と、この判定結果に応じて上記ゲインを修正するゲイン修正手段を設けたものである。又、この発明に係る電動機サーボ系の制御装置は、機械振動の許容範囲を手動により変更する手段を設けたものである。

【手続補正4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0011

【補正方法】変更

【補正内容】

【0011】又、この発明においては、機械振動の大きさを検出し、この機械振動の大きさが許容範囲内になるゲイン限界値を求め、イナーシャ同定値に基づいて決定された上記ゲインがゲイン限界値より大きい場合にはゲイン限界値を適切なゲインとする。又、この発明においては、機械振動の許容範囲が手動により変更可能であ

る。

【手続補正5】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0025

【補正方法】変更

【補正内容】

【0025】そこで、今回の試行による速度ループ比例ゲインと振動評価値とにより、必要があれば $K_{v01}$ と $K_{v02}$ を修正する。即ち、(今回の振動評価値>振動限界値)かつ(今回の速度ループ比例ゲイン< $K_{v01}$ )ならば $K_{v01}$ =今回の速度ループ比例ゲイン、(今回の振動評価値<振動限界値)かつ(今回の速度ループ比例ゲイン> $K_{v01}$ )ならば $K_{v01}$ =今回の速度ループ比例ゲインとなる。機械振動判定部25の出力であるゲイン制限値52は次式で決定する。

【数1】

$$\text{ゲイン制限値} = \sqrt{K_{v01} \times K_{v02}}$$

【手続補正6】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0027

【補正方法】変更

【補正内容】

【0027】以上の手順を図4のフローチャートにより説明する。まず、ステップS1では、イナーシャ仮定値Jの初期値を決定し、それに最適なゲインを決定する。次に、ステップS2では振動限界値54を決め、ステップS3では制御対象1、2を動作させる。その後、ステップS4では同定・設計部24においてイナーシャ仮定値Jの修正とゲイン候補値51の決定を行なう。ステップS5では、機械振動判定部25において機械振動評価値を計算し、ステップS6でゲイン制御値52を求める。

【手続補正7】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0034

【補正方法】変更

【補正内容】

【0034】

【発明の効果】以上のようにこの発明によれば、電動機電流の時間積分値に基づいて負荷イナーシャの大きさを同定し、この同定値によりフィードバック制御ループのゲインを調整しており、最適なゲインに自動的に調整することができ、調整員の作業を軽減でき、最適な動作を容易に実現できる電動機サーボ系の制御装置が得られる。又、この発明によれば、上記のようにして得られたゲインを機械振動の大きさに応じて修正するようにしており、上記効果に加えて機械振動が生じる場合にも対応できる電動機サーボ系の制御装置が得られる。又、機械振動の許容範囲が手動により変更可能であるので、工作

機械の種類などによって許容範囲を最適なものに設定す ることができる。